

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050724

International filing date: 18 February 2005 (18.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 009 029.7
Filing date: 23 February 2004 (23.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 30 May 2005 (30.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

10 2004 009 029.7

Anmeldetag:

23. Februar 2004

Anmelder/Inhaber:Continental Teves AG & Co oHG,
60488 Frankfurt/DE**Bezeichnung:**Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen von
Signalverarbeitungseinheiten für Sensoren**IPC:**

G 05 B, G 06 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. April 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stech

Continental Teves AG & Co. OHG

17.02.04

P 10890

GP/GF/BE

S. Pätzold

T. Ohgke

P. Schäfer

O. Simon

T. Sonntag

Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen von Signalverarbeitungseinheiten für Sensoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen von Signalverarbeitungseinheiten für Sensoren, die jeweils einzelne Prozeßführungs- oder Prozeßmeßgrößen eines Prozesses erfassen.

Elektronische Stabilitätsprogramme sind fahrdynamische Regelsysteme für Fahrzeuge, die dazu dienen, den Fahrer in kritischen Fahrsituationen während des Bremsens, Beschleunigens und Lenkens zu unterstützen und dort einzugreifen, wo der Fahrer selbst keine direkte Eingriffsmöglichkeit hat. Das Regelsystem unterstützt den Fahrer beim Bremsen, insbesondere auf einer Fahrbahn mit niedrigem oder wechselndem Reibwert, auf der das Fahrzeug wegen blockierender Räder nicht mehr steuerbar sein oder ins Schleudern geraten könnte, ferner beim Beschleunigen, wobei die Gefahr des Durchdrehens der Antriebsräder besteht, sowie schließlich beim Lenken in einer Kurve, in der das Fahrzeug über- oder untersteuern könnte. Insgesamt wird damit nicht nur der Komfort, sondern auch die aktive Sicherheit wesentlich verbessert.

- 2 -

Einem solchen Regelsystem liegt ein geschlossener Regelkreis zugrunde, der im Normalbetrieb des Fahrzeugs typische Regelaufgaben übernimmt und in extremen Fahrsituationen das Fahrzeug so schnell wie möglich abfangen soll. Als Istwertgeber sind dabei Sensoren zur Erfassung der verschiedenen fahrdynamischen Parameter von besonderer Bedeutung. Eine plausible Regelung setzt voraus, dass die Sensoren den Istzustand der Regelstrecke korrekt wiedergeben. Dies ist bei Fahrstabilitätsregelungen in extremen Fahrsituationen, in denen eine Regelabweichung schon innerhalb einer sehr kurzen Zeit ausgeregelt werden muß, besonders wichtig. Aus diesem Grunde müssen bei einem elektronischen Stabilitätsprogramm die ESP-Sensoren (Gierratensensor, Querbesehleunigungssensor, Lenkwinkelsensor) ständig überwacht werden. Eine entsprechende Online-Sensorüberwachung hat den Zweck, Fehler in den ESP-Sensoren frühzeitig zu erkennen, damit eine Fehlregelung, die das Fahrzeug in einen sicherheitskritischen Zustand bringen könnte, ausgeschlossen wird.

Die zur Zeit in Serie befindlichen ESP-Systeme verwenden einen Mehrfachsensor („Sensorcluster“) zur Erfassung von Fahrzeug-Drehrate sowie Quer- und ggf. Längsbesehleunigung. Dieser Sensor ist im Fahrgastraum angeordnet und kommuniziert über eine CAN-Schnittstelle mit dem ESP-Steuergerät (WO 99/47889)

Zukünftige Anwendungen (z.B. ESP-2 oder Active Front Steering AFS) sehen vor, die Signale des Sensorclusters auch zur Beeinflussung der Lenkung heranzuziehen. Da Lenkeingriffe grundsätzlich höhere Risiken beinhalten als Bremsengriffe, werden auch an die Zuverlässigkeit der Sensorik höhere Anforderungen gestellt. Es werden redundante Systeme benötigt,

- 3 -

die selbständig Fehlfunktionen erkennen und entsprechend reagieren können.

Drehraten- und Beschleunigungssensor sind doppelt vorhanden. Die Signalverarbeitung erfolgt in einem gemeinsam genutzten Chipsatz. Hierbei sind A/D-Wandler und Prozessorkern redundant ausgelegt, die Signalfade (z.B. SPI-Schnittstelle zwischen den Wandlern und Prozessoren, Empfangsregister usw.) sind jedoch nur einmal vorhanden. Defekte Sensorelemente können so erkannt werden, ebenso Fehler in der Programmausführung.

Nachteilig ist jedoch, dass Fehler auf dem Übertragungsweg zwischen A/D-Wandler (ADC) und Prozessor jedoch nicht erkannt werden, ebenso wenig wie Fehler im A/D-Wandler selbst (z.B. stuck bits), die in der Größenordnung der zulässigen Signalungenauigkeit liegen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der Signalverarbeitung von Sensoren der eingangs genannten Art zu schaffen, das/die eine insbesondere für die Fahrstabilitätsregelung und/oder Komfortregelung mit aktiven Lenkeingriffen für Fahrzeuge erforderliche Zuverlässigkeit aufweist.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß Anspruch 1 mit einem Verfahren der eingangs genannten Art, das sich auszeichnet durch eine mindestens redundante Verarbeitung der Sensordaten in zwei gleichen Signalverarbeitungseinheiten, die jeweils unabhängig und getrennt voneinander über mindestens zwei Aufbereitungseinrichtungen (ADC 1, ADC 2) in zwei Auswerteeinrichtungen (μC 1, μC 2) ausgewertet und plausibilisiert werden, wobei die Sensordaten über getrennte Signalleitungen

- 4 -

(SL 1, SL 2) zwischen der jeweils einen Aufbereitungseinrichtung(ADC 1, ADC 2) und der jeweils einen Auswerteeinrichtung (μ C 1, μ C 2) übertragen werden.

Diese Aufgabe wird ferner gemäß Anspruch 5 mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, die sich auszeichnet durch mindestens zwei gleiche Signalverarbeitungseinheiten (SV 1, SV 2) zur redundanten Verarbeitung der Sensordaten, mit mindestens zwei Aufbereitungseinrichtungen (ADC 1, ADC 2) und zwei Auswerteeinrichtungen (μ C 1, μ C 2) in denen die Sensordaten jeweils unabhängig und getrennt voneinander ausgewertet und plausibilisiert werden, wobei jeweils eine Aufbereitungseinrichtung(ADC 1, ADC 2) mit der jeweils einen Auswerteeinrichtung (μ C 1, μ C 2) über getrennte Signalleitungen (SL 1, SL 2) verbunden sind und die Sensordaten zwischen der jeweils einen Aufbereitungseinrichtung(ADC 1, ADC 2) und der jeweils einen Auswerteeinrichtung (μ C 1, μ C 2) über die jeweils separate Signalleitung ((SL 1, SL 2) übertragen werden

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Durch die Erfindung ergeben sich die folgenden Vorteile:

- Vollständig redundanter Signalweg bis hin zur Signalausgabe. Sämtliche im System auftretenden Fehler können erkannt werden.
- Vermeidung von Komforteinbußen durch vorzeitige Systemaktivierung, bedingt durch Fehler, die noch im Rahmen des spezifizierten Bereiches liegen.
- Eignung für hochsensible Systeme mit sehr kleinen Regelschwellen.

- Kostenersparnis durch Verwendung der gleichen Komponenten wie beim nicht redundanten Standard-Sensorcluster. Es sind keine Spezialbauteile (wie z.B. double core-Prozessoren) notwendig.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Sensorcluster nach dem Stand der Technik

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Struktur eines ESP-Systems;

Fig. 3 einen Sensorcluster nach der Erfindung,

Der Vorgang des Autofahrens kann gemäß Figur 2 im regelungstechnischen Sinne als ein Regelkreis betrachtet werden, bei dem ein Fahrer 1 den Regler und ein Fahrzeug 2 die Regelstrecke darstellt. Die Führungsgrößen sind dabei die persönlichen Fahrwünsche FW des Fahrers, die er durch eine fortlaufende Beobachtung des Straßenverkehrs erstellt. Die Istwerte IF sind die Momentanwerte für Fahrtrichtung und Geschwindigkeit, die der Fahrer über seine Augen bzw. das Fahrgefühl erfaßt. Die Stellgrößen SF sind schließlich der Lenkradwinkel, die Stellung des Getriebes sowie die Stellungen von Gas- und Bremspedal, die von dem Fahrer aufgrund der Abweichungen zwischen den Soll- und den Istwerten erstellt werden.

Eine derartige Regelung wird häufig durch Störungen S wie Reibwertänderungen, Fahrbahnunebenheiten, Seitenwind oder

- 6 -

andere Einflüsse erschwert, da der Fahrer diese nicht präzise erfassen kann, jedoch bei der Regelung berücksichtigen muß. Aus diesem Grunde kann der Fahrer 1 zwar im allgemeinen die ihm übertragenen Aufgaben, nämlich den Prozeß des Autofahrens zu regeln und zu beobachten, in normalen Fahrzuständen aufgrund seiner Ausbildung und der gesammelten Erfahrung ohne Schwierigkeiten bewältigen. In Extremsituationen und / oder bei den genannten außergewöhnlichen Fahrzuständen, bei denen die physikalischen Reibkraftgrenzen zwischen der Fahrbahn und den Reifen überschritten werden, besteht jedoch die Gefahr, daß der Fahrer zu spät oder falsch reagiert und die Kontrolle über sein Fahrzeug verliert.

Um auch diesen Fahrsituationen Rechnung tragen zu können, wird das fahrdynamische Regelsystem mit einem unterlagerten Regelkreis (ESP) ergänzt, der gemäß Figur 1 einen Regelalgorithmus 4, eine Systemüberwachung 5 und einen Fehlerspeicher 6 umfaßt. Gemessene Fahrzustandsgrößen werden dabei der Systemüberwachung 5 und dem Regelalgorithmus 4 zugeführt. Die Systemüberwachung 5 erzeugt ggf. eine Fehlermeldung F, die dem Fehlerspeicher 6 und dem Regelalgorithmus 4 zugeführt wird. Der Regelalgorithmus 4 beaufschlagt dann in Abhängigkeit von den vom Fahrer 1 erzeugten Stellgrößen das Fahrzeug 2. Mit diesem Regelkreis werden typische Regelaufgaben ausgeführt. In extremen Fahrsituationen wird das Fahrzeug so schnell wie möglich wieder abgefangen.

Figur 3 zeigt die Struktur eines solchen Regelkreises, der im wesentlichen ein Antiblockiersystem 10, eine Antriebs-schlupfregelung 11 und eine Giermomentregelung 12 umfaßt. Das System kann um eine nicht näher dargestellte Lenkwinkelregelung erweitert sein. Weiterhin sind Gierratensensoren 13, Querschleunigungssensoren 14, ein Lenkwinkelsensor 15, ein Drucksensor 16 und vier Radgeschwindigkeitssensoren 17 vorgesehen, die sowohl als Istwertgeber zur Ermittlung der

- 7 -

Regelabweichung, als auch zur Bildung eines Gierratensollwertes und verschiedener Zwischengrößen eingesetzt werden. Die von dem Fahrer 1 durch Betätigung eines Gas- und Bremspedals sowie des Lenkrades erzeugten Prozeßführungsgrößen werden der Antriebsschlupfregelung 11, dem Antiblockiersystem 10 und dem Drucksensor 16 beziehungsweise dem Lenkwinkelsensor 15 zugefügt. Fahrzeugspezifische Nichtlinearitäten, Schwankungen der Reibwerte, Seitenwind-Einflüsse usw. sind als Störungen oder unbekannte Größen 18 zusammengefaßt und beeinflussen die Fahrzeug-Längs- und Querdynamik 19. Diese Dynamik 19 wird ferner durch die genannten Führungsgrößen sowie die Ausgangssignale einer Motormanagementeinheit 20 beeinflusst und beaufschlagt die Radgeschwindigkeitssensoren 17, die Gierratensensoren 13, die Querbeschleunigungssensoren 14 sowie den Drucksensor 16. Eine Regularisation 21, der die Ausgangssignale des Antiblockiersystems 10, der Antriebsschlupfregelung 11, der Giermomentregelung 12, der Lenkwinkelregelung und eines Bremseneingriffsalgorithmus 22 zugeführt werden, dient zur Prioritätsverteilung dieser Signale im Hinblick auf ihr Einwirken auf die Motormanagementeinheit 20 oder direkt auf die Fahrdynamik 19. Der Bremseneingriffsalgorithmus 22 wird dabei von der Giermomentregelung 12 und dem Drucksensor 16 beaufschlagt. Schließlich ist eine Fahrzustandserkennung 23 vorgesehen, der die Signale des Lenkwinkelsensors 15, der Gierratensensoren 13, der Querbeschleunigungssensoren 14 sowie der Radgeschwindigkeitssensoren 17 zugeführt werden und deren Ausgangssignale die Giermomentregelung 12 sowie ein Einspurreferenzmodell 24, mit dem eine gewünschte Soll-Gierrate erzeugt wird, beaufschlagt.

In der Figur 4 ist der Sensorcluster SC mit vollständiger symmetrischer Redundanz dargestellt. Der Sensorcluster be-

- 8 -

steht aus zwei identischen getrennten Pfaden zur Signalverarbeitung. Drehraten (Yaw Rate)- und Beschleunigungssensor (Lat Accel) sind doppelt vorhanden. Zur Signalverarbeitung ($\mu C1$, $\mu C2$) werden zwei identische ASICs eingesetzt. Diese ASICs können genau den im bekannten Sensorcluster eingesetzten Bauteilen entsprechen, d.h. für dieses System werden dann keine Spezialbauteile benötigt.

Die Ausgänge der beiden ASICs können im Sensorcluster (SC) zusammengeführt oder in getrennten Leitungen an den Fahrzeugkommunikationsbus (hier CAN) angeschlossen werden. Bei einer Zusammenführung im Sensorcluster bleibt die Schnittstelle kompatibel zu dem bestehenden System.

Jeder ASIC hat Zugang zu sämtlichen Sensordaten und führt unabhängig vom anderen eine Signalverarbeitung und Plausibilitätsbeurteilung durch. Das Ergebnis seiner Plausibilitätsbetrachtung und ggf. das seiner Berechnungen teilt er seinem Partner durch eine geeignete Schnittstelle mit.

Daraufhin setzt jeder ASIC unabhängig vom anderen eine Nachricht (hier CAN-Botschaft) an das (ESP-)Steuergerät ab. Diese Nachricht enthält in codierter Form die eigenen Daten, den Status der eigenen Plausibilitätsbetrachtung sowie den vom Partner signalisierten Zustand.

Abhängig von den in den Nachrichten enthaltenen Statusflags entscheidet das Steuergerät, ob die Daten als gültig, als bedingt gültig oder als fehlerhaft zu beurteilen sind. Bedingt gültige Daten können durch Vergleich mit anderen Größen (z.B. Radgeschwindigkeiten) bewertet und ggf. noch genutzt werden. So kann z.B. bei Ausfall eines Gierratensignales während einer ESP-Regelung vom Steuergerät anhand der

- 9 -

vorhandenen Modelldaten das intakte Signal identifiziert und zum Fortsetzen der Regelung verwendet werden.

Vom Aufwand her entspricht diese Lösung zwei getrennten identischen Sensorclustern. Sie hat jedoch den Vorteil, daß jeder Cluster auf die Sensorik des anderen zugreifen kann. Hierdurch stehen zusätzliche Informationen zur Verfügung.

Das hier am Beispiel Sensorcluster erläuterte Redundanzkonzept läßt sich auf beliebige andere Sensorsysteme übertragen. Daher sind folgende Variationen denkbar, die durch die Erfindung mitumfasst werden:

- Einsatz von $n \geq 2$ Signalverarbeitungseinheiten, die auf die Signale von k Sensoren zugreifen, von denen ein Teil redundant vorhanden sein kann aber nicht muß.
- Redundante Sensoren können doppelt oder mehrfach (>2) vorhanden sein. Mit drei oder mehr Sensoren kann bereits während der Signalverarbeitung eine Entscheidung getroffen werden, welcher Sensor fehlerhaft ist.
- Sensoren und die Signalverarbeitungseinheiten müssen sich nicht im selben Gehäuse befinden.
- Der Anschluß der Sensoren an die Signalverarbeitungseinheiten kann analog oder digital erfolgen.
- Der Anschluß der Signalverarbeitungseinheiten an das übergeordnete Steuergerät kann analog oder digital erfolgen.
- Die Signalverarbeitungseinheiten tauschen Statusinformationen, Rechenergebnisse oder gar keine Informationen aus.
- Die Signalverarbeitungseinheiten können zu bestimmten Zeiten unterschiedliche Aufgaben wahrnehmen (z.B. in der Initialisierungsphase oder bei Eigendiagnose).

- 10 -

- Nicht jede Signalverarbeitungseinheit muß alle Sensor-signale auswerten, es sind auch teilweise redundante Systeme möglich.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Überwachen von Signalverarbeitungseinheiten für Sensoren, die jeweils einzelne Prozeßführungs- oder Prozeßmeßgrößen eines Prozesses erfassen, **gekennzeichnet durch** eine mindestens redundante Verarbeitung der Sensordaten in zwei gleichen Signalverarbeitungseinheiten (SV 1, SV 2), die jeweils unabhängig und getrennt voneinander über mindestens zwei Aufbereitungseinrichtungen (ADC 1, ADC 2) in zwei Auswerteeinrichtungen (μC 1, μC 2) ausgewertet und plausibilisiert werden, wobei die Sensordaten über getrennte Signalleitungen (SL 1, SL 2) zwischen der jeweils einen Aufbereitungseinrichtung (ADC 1, ADC 2) und der jeweils einen Auswerteeinrichtung (μC 1, μC 2) übertragen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in jeder Auswerteeinrichtung (μC 1, μC 2) jeweils separat ausgewerteten und plausibilisierten Sensordaten über eine Schnittstelle zwischen den Auswerteeinrichtungen (μC 1, μC 2) ausgetauscht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass von jeder Auswerteeinrichtung (μC 1, μC 2) unabhängig von der anderen die ausgewerteten und plausibilisierten Sensordaten und Zustandsinformationen der jeweiligen anderen Auswerteeinheit an ein übergeordnetes (Fahrzeug-)Steuergerät gesendet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ausgewerteten und plausibilisierten Sensordaten und Zustandsinformationen der jeweiligen anderen Auswerteeinheit (μC 1 oder μC 2) über interne separate Signalleitungen über jeweils einem Datenbus (CAN 1, CAN 2) zu dem (Fahrzeug-)Steuergerät übertragen werden.
5. Vorrichtung zum Überwachen von Signalverarbeitungseinheiten für Sensoren, die jeweils einzelne Prozeßführungs- oder Prozeßmeßgrößen eines Prozesses erfassen, **gekennzeichnet durch** mindestens zwei gleiche Signalverarbeitungseinheiten (SV 1, SV 2) zur redundanten Verarbeitung der Sensordaten, mit mindestens zwei Aufbereitungseinrichtungen (ADC 1, ADC 2) und zwei Auswerteeinrichtungen (μC 1, μC 2) in denen die Sensordaten jeweils unabhängig und getrennt voneinander ausgewertet und plausibilisiert werden, wobei jeweils eine Aufbereitungseinrichtung (ADC 1, ADC 2) mit der jeweils einen Auswerteeinrichtung (μC 1, μC 2) über getrennte Signalleitungen (SL 1, SL 2) verbunden sind und die Sensordaten zwischen der jeweils einen Aufbereitungseinrichtung (ADC 1, ADC 2) und der jeweils einen Auswerteeinrichtung (μC 1, μC 2) über die jeweils separate Signalleitung ((SL 1, SL 2) übertragen werden.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in jeder Auswerteeinrichtung (μC 1, μC 2) jeweils separat ausgewerteten und plausibilisierten Sensordaten über eine Schnittstelle zwischen den Auswerteeinrichtungen (μC 1, μC 2) ausgetauscht werden

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Auswerteeinrichtung (μC 1, μC 2) unabhängig von der anderen die ausgewerteten und plausibilisierten Sensordaten und Zustandsinformationen der jeweiligen anderen Auswerteeinheit an ein Fahrzeug-Steuergerät sendet.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Auswerteeinheit (μC 1 oder μC 2) über eine interne separate Signalleitung (SV 3, SV 4) mit einem Datenbus (CAN 1, CAN 2) verbunden ist und die ausgewerteten und plausibilisierten Sensordaten und Zustandsinformationen der jeweiligen anderen Auswerteeinheit (μC 1 oder μC 2) über den jeweils einen Datenbus (CAN 1, CAN 2) zu dem Fahrzeug-Steuergerät übertragen werden

Zusammenfassung**Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen von Signalverarbeitungseinheiten für Sensoren**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen von Signalverarbeitungseinheiten für Sensoren, die jeweils einzelne Prozeßführungs- oder Prozeßmeßgrößen eines Prozesses erfassen. Zur Verbesserung der Zuverlässigkeit der Sensordaten eines Fahrzeugs erfolgt eine mindestens redundante Verarbeitung der Sensordaten in zwei gleichen Signalverarbeitungseinheiten (SV 1, SV 2), die jeweils unabhängig und getrennt voneinander über mindestens zwei Aufbereitungseinrichtungen (ADC 1, ADC 2) in zwei Auswerteeinrichtungen (μ C 1, μ C 2) verfügen, wobei die Sensordaten über getrennte Signalleitungen (SL 1, SL 2) zwischen der jeweils einen Aufbereitungseinrichtung (ADC 1, ADC 2) und der zugehörigen Auswerteeinrichtung (μ C 1, μ 2) übertragen werden.

- 7 -

Fig. 1

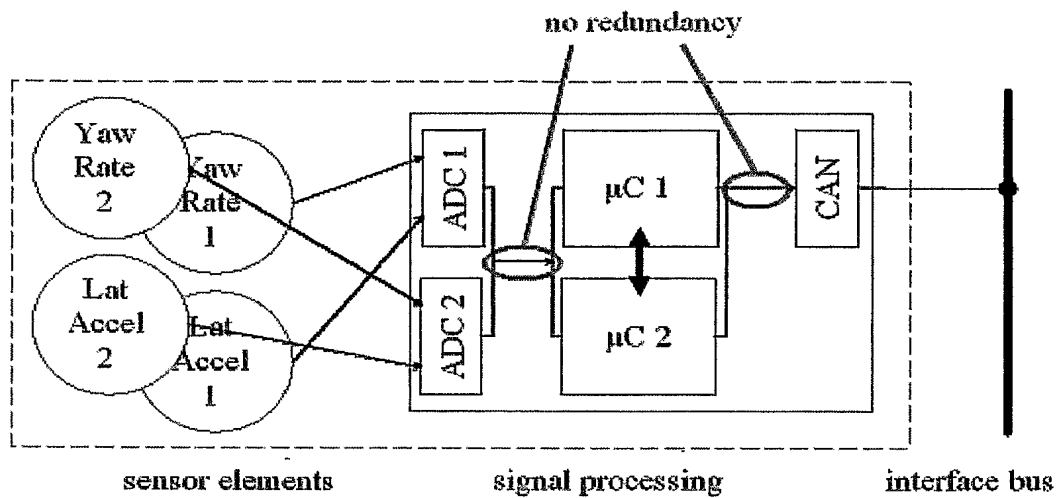
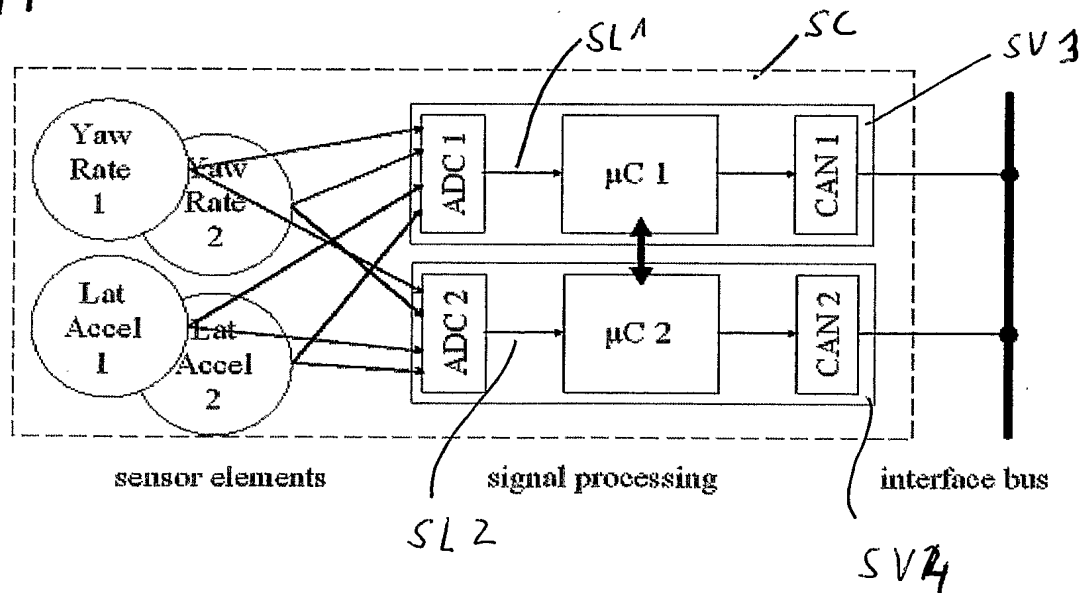


Fig. 4



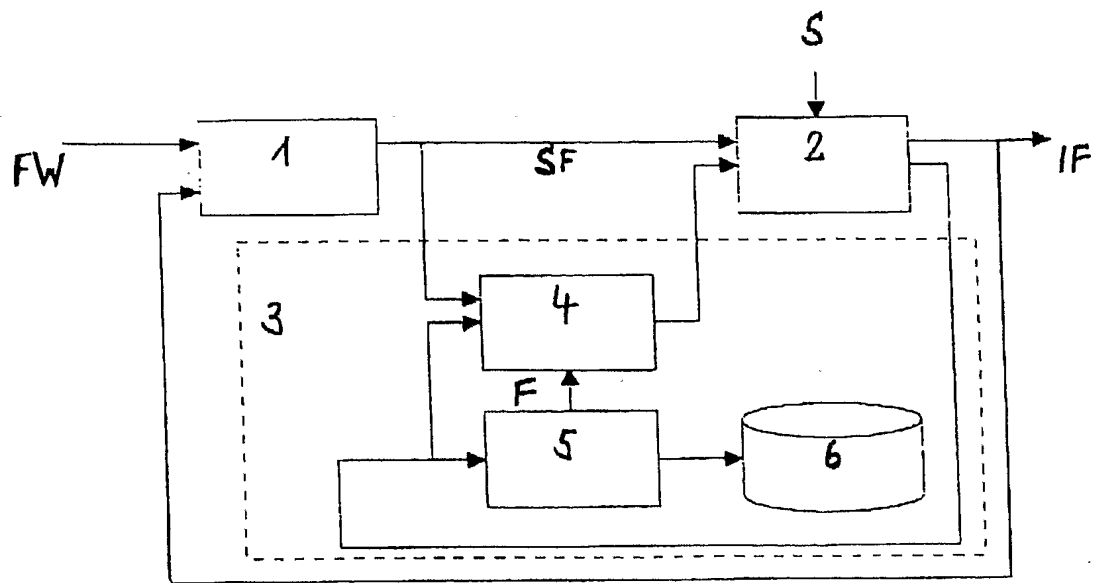


FIG. 2

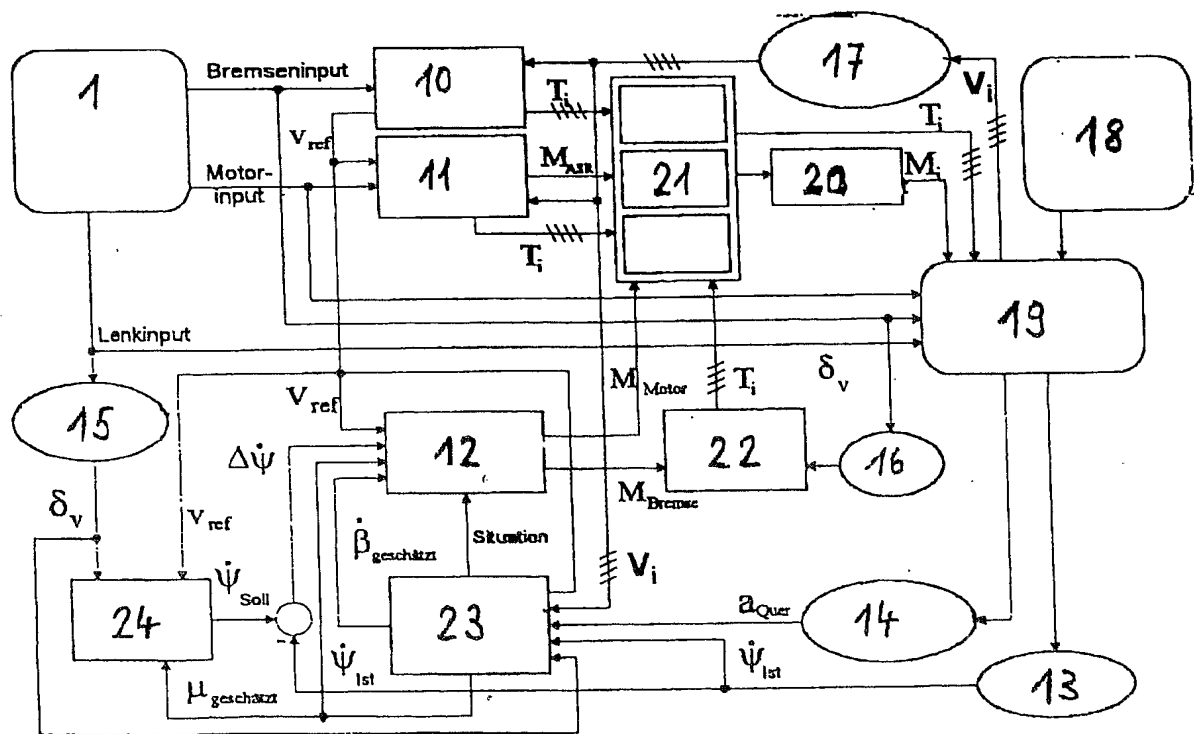


FIG. 3